

Les compresseurs :

1 - Objectifs pédagogique :

En fin de séance, les stagiaires seront capables de décrire le principe de fonctionnement d'un compresseur.

Être capable d'utiliser un compresseur sans risque.

Réussir son épreuve de niveau 4 sur le matériel.

2 - Sommaire :

- I : Rappel (lois physique).
- II : Fluctuation de la pression en fonction de la température et inversement.
- III : A quoi sert un compresseur.
- IV : Éléments constitutifs d'un compresseur.
- V : Schémas de Principe de Fonctionnement.
- VI : Obligation liées à l'utilisation d'une station de gonflage.

I : Rappel :

Une loi nous servira principalement tout au long de ce cours, la loi de MARIOTTE :

Enoncé de la loi:

"A température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression."

Formulation de la loi

$$P1 \times V1 = P2 \times V2$$

Avec:

- P1 = Pression de départ
- P2 = Pression d'arrivée
- V1 = Volume de départ
- V2 = Volume d'arrivée

On peut également dire que La pression multipliée par le volume est une constante => $PV = Cste$

EXO (avec tampons, etc.)

Utilisation en plongée

- Base du fonctionnement des compresseurs.
- Calcul d'autonomie.
- Capacité des bouées et gilets.
- Profondimètres capillaires.
- Vêtements étanches.
- Tous les accidents barotraumatiques sont dus à la loi de Mariotte.
- Influence sur les accidents de décompression et toxiques

II : Fluctuation de la pression en fonction de la température et inversement.

1 : Rappel :

A- Loi de Amontons :

Enoncé de la loi:

"A volume constant, la pression d'une masse gazeuse est proportionnel à la température."

En d'autres termes, une variation de pression sur un gaz génèrent une fluctuation de sa température dans le même sens que la pression, c'est-à-dire :

- Hausse de pression = hausse de température
(Bloc chaud après le gonflage)
- Baisse de pression = baisse de température
(Sensation d'air froid lors de la respiration sur le détendeur, givre sur la robinetterie lors de la vidange rapide d'un bloc ou encore givrage d'un détendeur)

Celles et ceux qui ont déjà participé à un gonflage, à des séances de TIV ou qui ont pu avoir la chance d'avoir les détendeurs qui givrent ont pu constater ce phénomène.

Pour le coup, notre formule : $P1 \times V1 = P2 \times V2$

Avec la température en Kelvin (K) et non en Celcius (°C)

Petit jonglage pour passer de l'un à l'autre : $K = °C + 273.15°C$

En °C > 100°C	0°C	-273.15°C
I	I	I
En K > 373.15K	273.15K	0K

Devient : $(P.V)/T = cte$

Par modification va nous donner : $(P1 \times V1)/T1 = (P2 \times V2)/T2$

Et donc prenez par exemple, un bloc de 15l gonflé à 230Bar à 40°C en sorti de gonflage et qui 4h après est redescendu à 20°C :

$P1 = 230\text{Bar}$	$P2 = ?$
$V1 = 15\text{L}$	$V2 = 15\text{L}$
$T1 = 40°C (+273.15°C) = 313.15\text{K}$	$T2 = 20°C (+273.15°C) = 293.15\text{K}$

si : $(P1 \times V1) / T1 = (P2 \times V2) / T2$

Alors : $((P1 \times V1) / T1) \times T2 = P2 \times V2$

D'où : $((P1 \times V1) / T1) \times T2 / V2 = P2$

Donc : $P2 = (((230 \times 15) / 313.15) \times 293.15) / 15$
 $= ((3450 / 313.15) \times 293.15) / 15$
 $= (11.0171 \times 293.15) / 15$
 $= 3229.658 / 15 = \underline{215.31}$

Soit une pression finale de 215.31Bar à froid, donc une perte de près de 15Bar pour 20°C de baisse.
Idem pour une détente (chute de pression) de 230Bar à 150Bar.

Sur le mécanisme similaire : $P.V = n.R.T = \text{cte}$

$$\rightarrow P = (n.R.T) / V = \text{cte}$$

$$\rightarrow P/T = (n.R) / V = \text{cte}$$

$$\rightarrow \text{D'où : } P1 / T1 = P2 / T2$$

Donc suivant notre exemple :

$$P1 = 230\text{Bar}$$

$$T1 = 20^\circ\text{C} (+273.15) = 293.15\text{K}$$

$$P2 = 180\text{Bar}$$

$$T2 = ?$$

$$\text{Si : } P1 / T1 = P2 / T2$$

$$\text{Alors : } T2 \times P1 / T1 = P2$$

$$\text{D'où : } T2 = (P2 \times T1) / P1$$

$$\text{Donc : } T2 = (180 \times 293.15) / 230 = 52767 / 230 = 229.421739\text{K}$$

Soit une température de -43.728°C , une chute relativement violente en somme ☺

B- Loi de Charles Gay-Lussac :

Enoncé de la loi:

" A pression constante, le volume d'une masse gazeuse est proportionnel à la température."

En d'autres termes, une variation de volume sur un gaz génèrent une fluctuation de sa température dans le même sens que la pression, c'est-à-dire :

- Augmentation du volume = hausse de température
(Bloc chaud après le gonflage)
- Diminution du volume = baisse de température
(Givre sur la robinetterie lors de la vidange rapide d'un bloc ou encore givre d'un détendeur)

Mais ici, on s'en fou un peu !

III : A quoi sert un compresseur.

(Faire un schéma)

Au départ :

Air ambiant

21% oxygène

79% azote

Humidité

Particules de poussières

Dioxyde de carbone (CO₂)

Monoxyde de carbone (CO)

entre deux :

Groupe compresseur

à l'arrivée :

Air comprimé

21% oxygène

79% azote

(Hausse de la température)

Air sec

SANS :

Poussières

Dioxyde de carbone (CO₂)

Monoxyde de carbone (CO)

Huile compresseur

IV : Éléments constitutifs d'un compresseur.

(faire des schémas de chaque partie puis de l'ensemble)

Panneau de commande :

marche/arrêt du moteur
arrêt d'urgence

Moteur :

électrique ou thermique
éléments de sécurité (soupapes de surpression)
décanteur (pour l'eau et l'huile)

Indicateurs des différents paramètres du compresseur :

pression de chaque étage de compression
pression en sortie de compresseur
les différents niveaux (huile, condensat)
températures

Aspiration

Refoulement

Systemes de filtration

Rampe de distribution

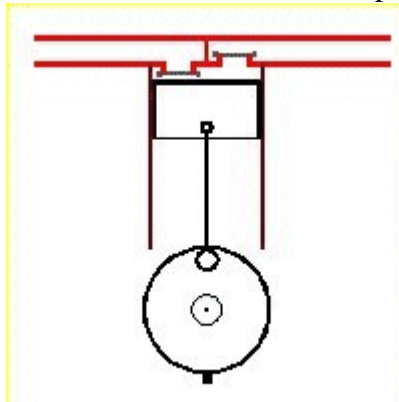


V : Schémas de Principe de Fonctionnement.

Shéma d'un seul piston :

Clapet d'admission

Clapet de refoulement



Shéma d'une série de 4 pistons :

Cycle pour un seul étage de compression :

Etage de
compression

Serpentins de
refroidissement

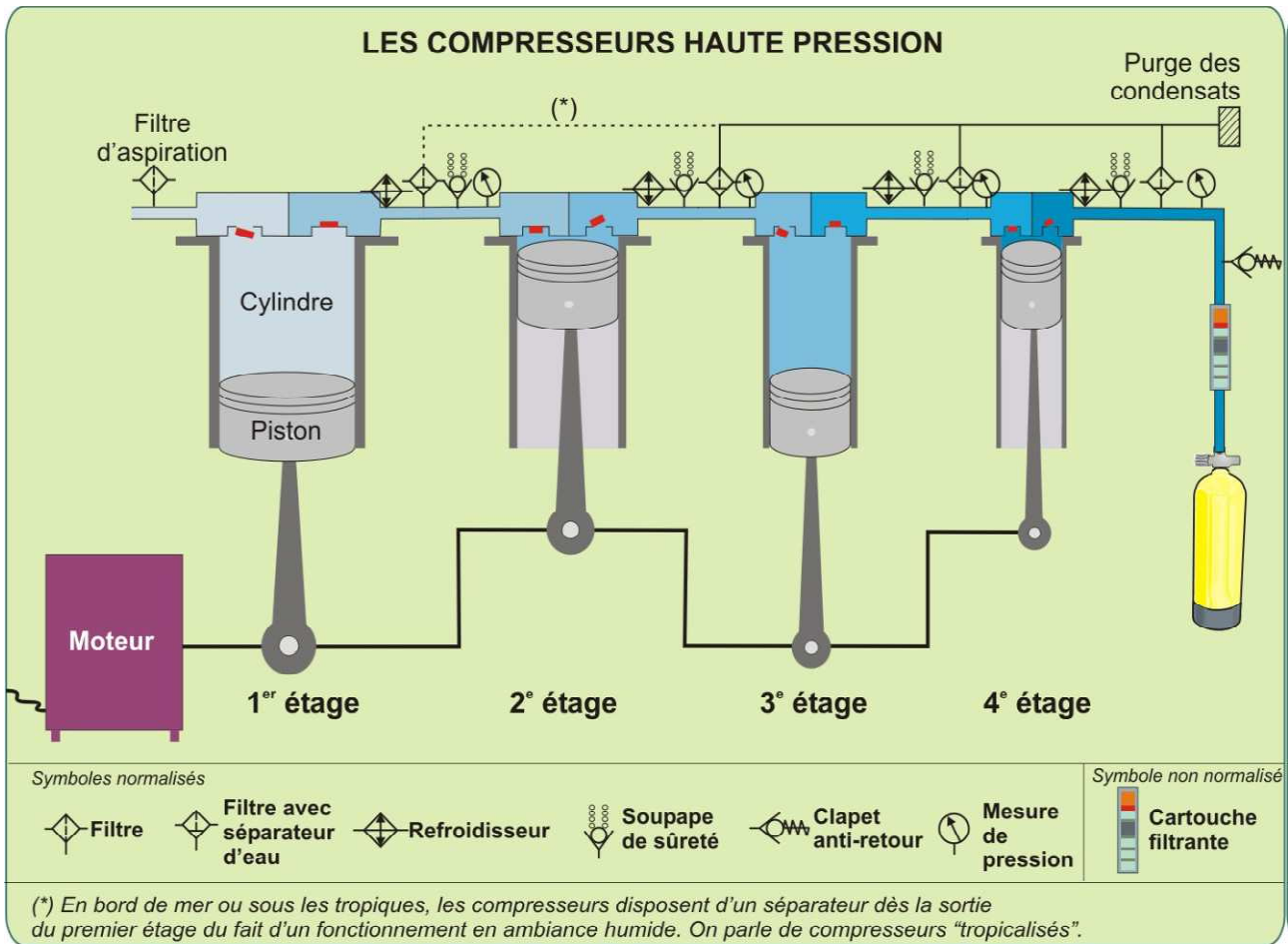
Décanteur des
condensats

Soupape de
sécurité de
surpression

Manomètre de
contrôle de pression
inter-étage

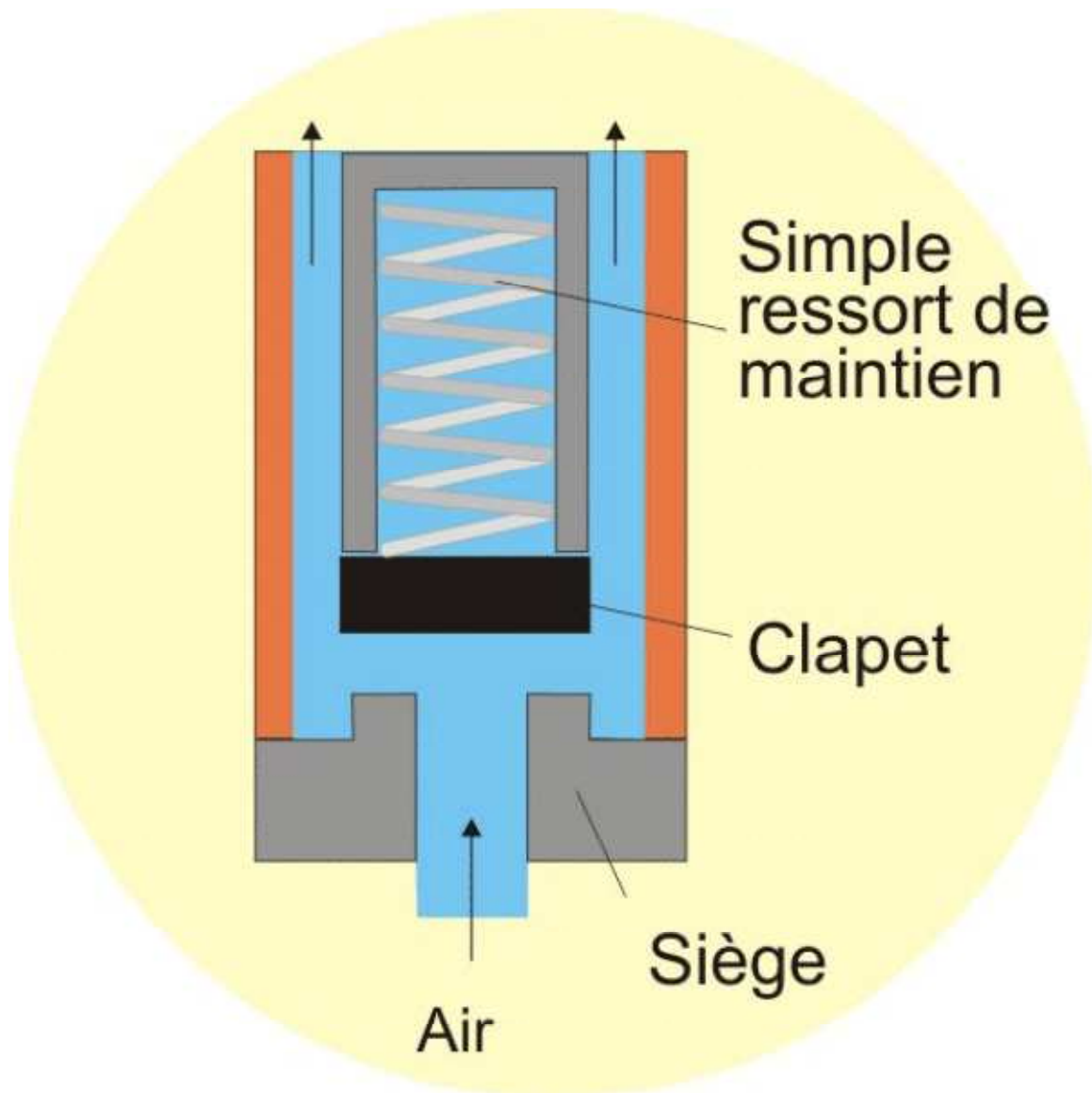
le tout multiplié par le nombre d'étages

vu d'ensemble d'une chaîne de compresseur :

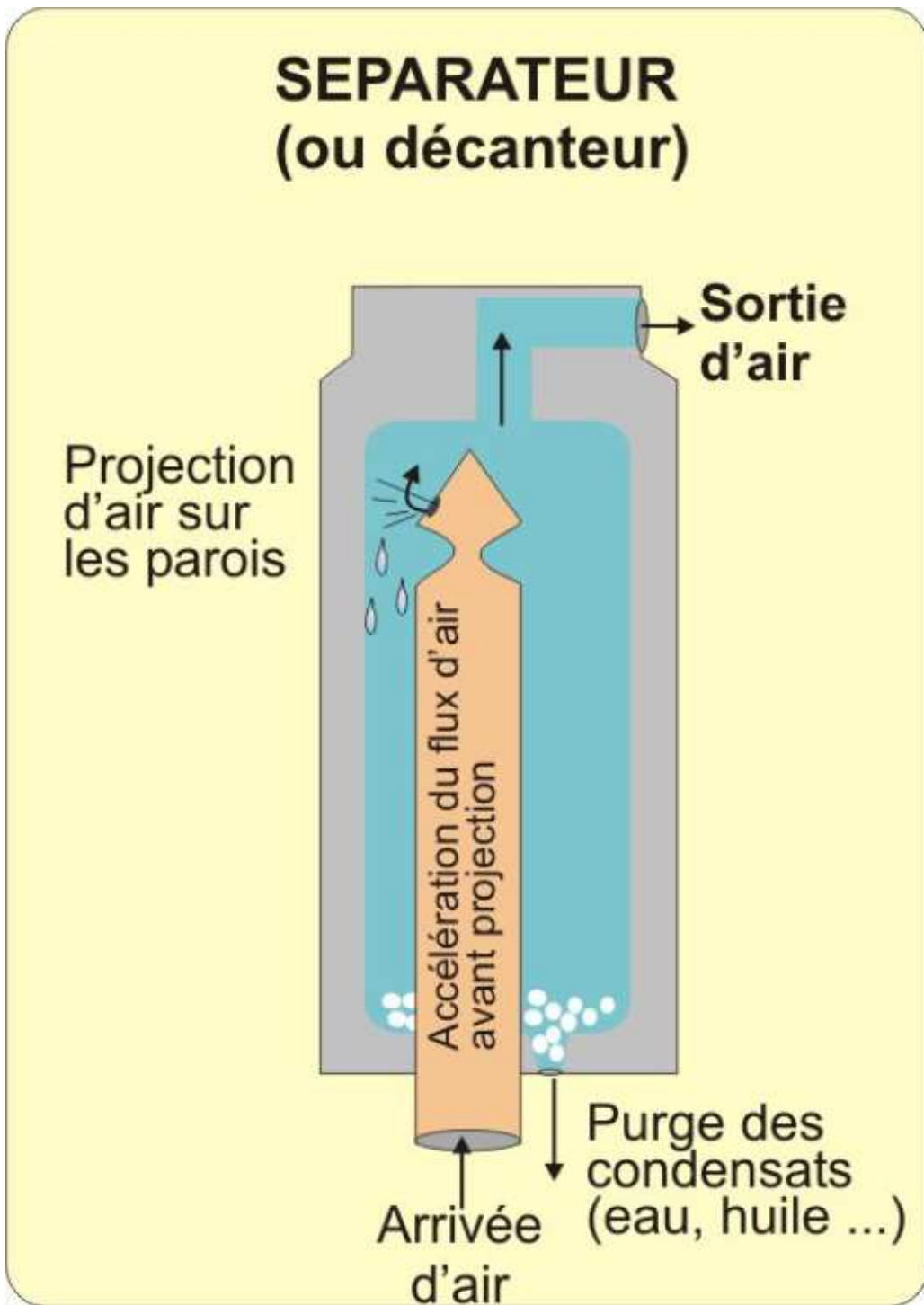


$$\begin{aligned}
 \text{PMH} &= \text{PMB} = \text{PMH} = \text{PMB} \\
 \text{P1 x V1} &= \text{P2 x V2} = \text{P3 x V3} = \text{P4 x V4}
 \end{aligned}$$

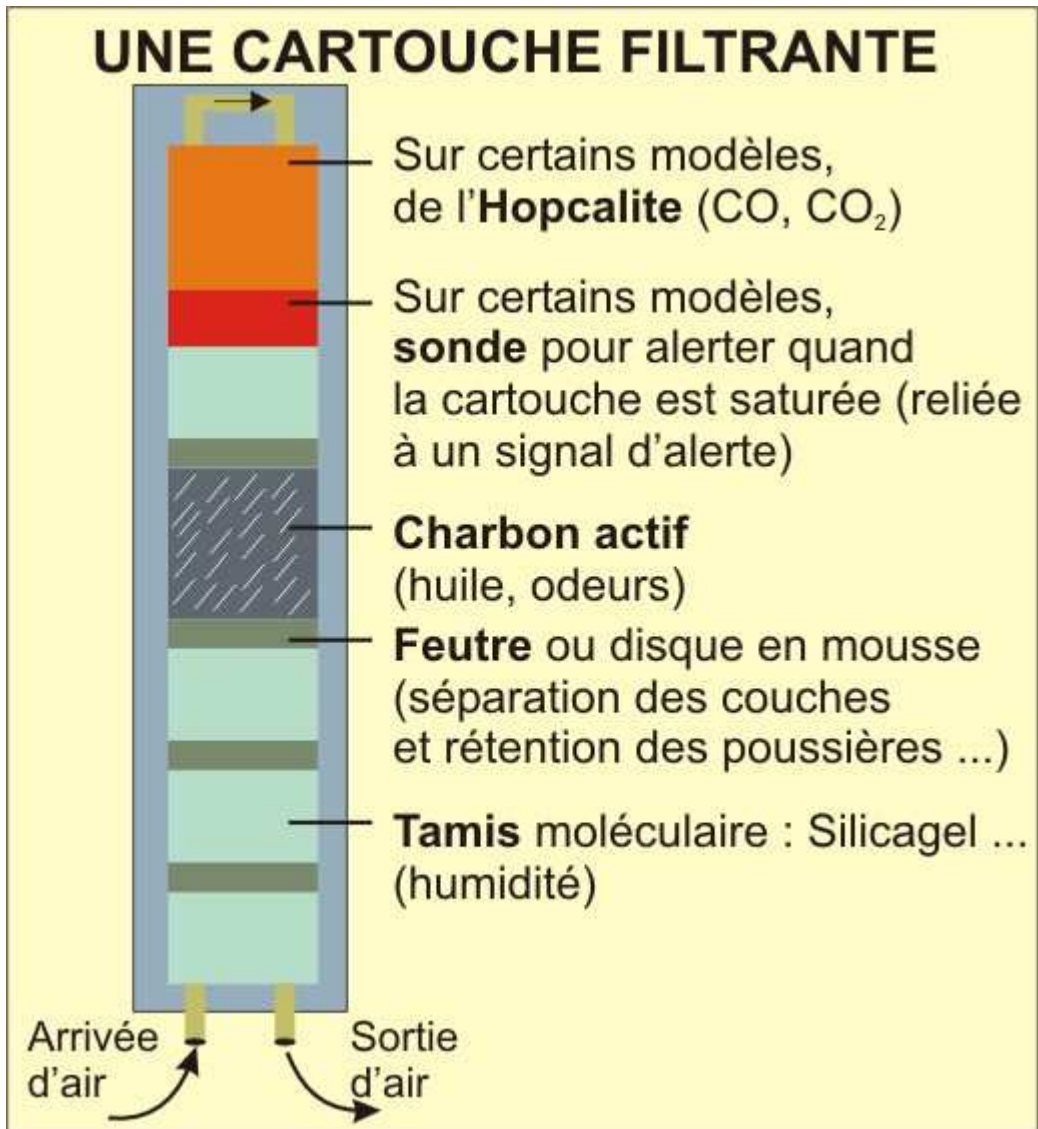
La soupape de sécurité :



Les décanteurs et le séparateur final :



L'épuration de l'air (filtre) :



VI : Obligation liées à l'utilisation d'une station de gonflage.

1 - Principaux risques liés à une station de gonflage

A - *Risques majeurs*

- Pollution de l'air : *FILTRES...*
- Explosion : *SOUPAPES DE SURETE...*

B - *Risques généraux*

- Electrocutation
- Ruptures de flexibles ou de canalisation
- Courroies, ventilateurs, arbre d'entraînement
- Risques liés à la maintenance
- Chutes
- Niveau sonore

C - Une station de gonflage est une zone potentiellement DANGEREUSE

- Installation conforme aux normes.
- Limiter l'accès.
- Mise en œuvre et maintenance par du personnel compétent et informé.
- Réparations importantes / contrôles par expert agréé.

2 - Elément de maintenance d'une station de gonflage

A - *Maintenance corrective :*

Guide de dépannage

Ne jamais intervenir sur un compresseur sous tension ou sous pression !

B - *Maintenance préventive* (principaux éléments) :

- Vidange périodique huile compresseur
- Changement périodique filtres terminaux
- Dépoussiérage des échangeurs et radiateurs
- Contrôle des courroies, des flexibles, vannes, purges...
- Inspection et requalification périodique
- Vérification des soupapes de sûreté
- Révision annuelle du compresseur
- Analyse d'air annuel

- Tenir à jour un cahier de maintenance.

Par professionnel Agréé

3 - Consignes de gonflage (à afficher près de la rampe)

- a - Vérifier le niveau d'huile avant le démarrage du compresseur.
- b - Avant le raccordement de la bouteille, vérifier :
 - son état extérieur
 - date de dernière épreuve (< 2 ans)
 - Pression de service (PS)
- c - Purger la robinetterie.
- d - Raccorder la robinetterie à une rampe correspondant à sa PS.
- e - Surveiller régulièrement le manomètre de la rampe.
- f - Purger régulièrement les décanteurs et filtres (ou vérifier le bon fonctionnement des purges automatiques).
- g - Ne pas dépasser la pression de service.

4 - Réglementation relative à l'exploitation d'une station de gonflage

A - Bases juridiques

L'**Arrêté du 15 mars 2000** (modifié), pris en application du décret 99-1046 du 13 décembre 1999, rassemble dans un texte unique l'essentiel des dispositions applicables à l'exploitation des équipements sous pression.

S'applique à tous les équipements sous pression dont le PS x V > 200 l.bar □ **Blocs, tampons, filtres...**

B - Mise en service (ou modification notable) d'une installation

Une **déclaration de mise en service** est à effectuer (auprès de la DREAL) pour tout équipement sous pression dont **PS x V > 10 000 l.bars** (seuil atteint dès qu'on a une bouteille tampon de 50 l / 200 b...) (art. 15§1).

-> **Dossier de déclaration comprenant notamment :**

- Une description succincte de l'installation
- Une copie du certificat de conformité du fabricant

C - Inspection périodique et requalification des équipements sous pression

- **Inspection périodique (Titre III)** : vérification extérieure des équipements et examen des accessoires de sécurité (+ investigations complémentaires si besoin) □ **Compte-rendu** par une personne compétente désignée par l'exploitant.

- **Requalification périodique (Titre V)** : inspection de l'équipement sous pression, épreuve hydraulique et vérification des accessoires de sécurité associés □ **Attestation** par un expert d'un organisme habilité.

Type d'équipements	Inspection	Requalification
Blocs tampons	40 mois	10 ans
Blocs de plongée	12 mois	2 ans
Filtres de compresseurs	40 mois	10 ans

D - Documents de la station de gonflage

Art. 9 : « L'exploitant doit tenir à jour un dossier dans lequel sont consignées toutes les opérations ou interventions datées relatives aux contrôles, inspections et requalifications périodiques, aux incidents, aux réparations et modifications (...) »

Regrouper et tenir à jour :

- Manuels et consignes d'utilisation
- Cahier d'entretien (maintenance préventive et corrective)
- PV de requalification, rapports d'inspection
- Factures
- Récépissé de déclaration à la DREAL
- Cahier de gonflage...

E - Le personnel

Art. 8. : « Le personnel chargé de la conduite d'équipements sous pression doit être **informé et compétent** pour surveiller et prendre toute initiative nécessaire à leur exploitation sans danger. (...) ce personnel doit être **formellement reconnu apte à cette conduite par leur exploitant** et périodiquement confirmé dans cette fonction.»

- **Liste des personnes habilitées (à afficher)**
- **Prévoir une formation chez le constructeur**

F - L'analyse d'air

Décret du 2 mars 90 n°90 Titre III Art 10 (extrait) :

*"L'air et les mélanges fournis par des compresseurs et destiné à la respiration hyperbare doivent être analysés après tout montage d'une installation nouvelle, puis **au moins une fois par an**, ainsi qu'après constatation d'une anomalie, ou après toute réparation de l'installation".*

Norme NF EN12021 :

- **Affichage obligatoire des résultats** (avec date et signature)

3 – CONCLUSIONS

La station de gonflage est un **équipement stratégique**, en raison de son coût et de sa dangerosité potentielle. Une mauvaise conception, installation, entretien ou utilisation peuvent avoir des **conséquences désastreuses** pour l'équipement lui-même, et pour la sécurité du personnel et des plongeurs. Quelques conseils :

- Envisager les **solutions alternatives** à l'acquisition d'un compresseur ou d'une station (location ponctuelle, sous-traitance du gonflage des blocs...)
- **Gérer rigoureusement** l'installation (entretien, mise à jour de la documentation, formation, etc.)
- **Dimensionner correctement** l'installation. Plus c'est gros, plus c'est cher à l'entretien (et dangereux !)
- N'assurer que les interventions correspondant à vos compétences (**formation adaptée**), et y être **formellement autorisé par l'exploitant**.